

## 9个丁香品种叶面积测量相关性分析及回归方程的建立

林宇茜<sup>1</sup>, 孙卫<sup>2\*</sup>

(1. 新疆农业大学林学与风景园林学院, 新疆乌鲁木齐 830052; 2. 新疆维吾尔自治区乌鲁木齐市植物园, 新疆乌鲁木齐 830013)

**摘要** [目的] 建立方便、准确的叶面积测定方法。[方法] 以植物园9个丁香品种的成熟叶片为试材, 采用扫描叶片并结合 Image-J 程序的数字图像处理技术测定丁香叶长、叶宽及叶面积, 并运用 Spss-26 统计软件对其叶长、叶宽、叶长与叶宽的乘积与叶面积进行相关性分析, 建立9个丁香品种叶面积的一元回归方程、多元回归方程、幂函数、总三元线性回归方程及总幂函数方程。[结果] 叶面积与叶长与叶宽的乘积具有极显著相关性, 通过建立的各丁香品种叶面积估算方程, 发现三元线性回归方程和幂函数方程是估算不同丁香品种叶面积的较佳回归方程, 通过建立的总三元回归方程和总幂函数方程进行拟合优度, 差异百分率和估算值与实测值的相关系数比较, 得出总幂函数方程对估算9个不同品种丁香叶面积的准确性高, 其方程为  $Y=0.746X+0.975$ 。[结论] 该研究成功建立了9种不同品种丁香的叶面积回归方程, 但针对其他品种丁香叶面积还需要验证。

**关键词** 丁香; 叶面积; 回归方程; 幂函数

中图分类号 S718.42 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2023)04-0118-05

doi:10.3969/j.issn.0517-6611.2023.04.028



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

**Correlation Analysis of Leaf Area Measurement of Nine Clove Varieties and Establishment of Regression Equation**LIN Yu-xi<sup>1</sup>, SUN Wei<sup>2</sup> (1. College of Forestry and Landscape Architecture, Xinjiang Agricultural University, Urumqi, Xinjiang 830052; 2. Urumqi Botanical Garden of Xinjiang Uygur Autonomous Region, Urumqi, Xinjiang 830013)

**Abstract** [Objective] To establish a convenient and accurate method for leaf area measurement. [Method] Using the mature leaves of 9 clove varieties in the botanical garden as materials, the length, width and area of clove leaves were measured by scanning leaves and digital image processing technology combined with Image-j program. The correlation between the product and area of length, width, length and width were analyzed by Spss-26 statistical software, and the univariate regression equation of leaf area of 9 clove varieties was established multiple regression equation and power function, total ternary linear regression equation and total power function equation. [Result] There was a very significant correlation between leaf area and the product of leaf length and leaf width. Through the established estimation equations of leaf area of various varieties of clove, it was found that the ternary linear regression equation and power function equation were the better regression equations for estimating the leaf area of different varieties. Through the goodness of fit of the established total ternary regression equation and total power function equation, the percentage of difference and the correlation coefficient between the estimated value and the measured value, it was concluded that the total power function equation had high accuracy in estimating the leaf area of 9 different varieties of clove, the equation was  $Y=0.746X+0.975$ . [Conclusion] This study successfully establishes the regression equation of leaf area of nine different varieties of clove, but the leaf area of other varieties needs to be verified.

**Key words** Clove; Leaf area; Regression equation; Power function

叶片是植物进行光合作用的主要器官。因此, 叶片的大小会直接影响植物生长的全过程。叶片的发育状况和叶面积大小对作物生长发育、抗逆性及产量形成的影响很大, 叶面积是作物栽培和育种实践中常用的指标, 是农作物产量和品质的评价指标, 也是选育理想株型、测定害虫危害损失的重要指标。因此, 建立方便、准确的叶面积测定方法, 对于指导农业生产实践活动, 制订优质和高效的栽培技术措施具有积极意义<sup>[1]</sup>。

丁香是木犀科(Oleaceae)丁香属(*Syringa* Linn.)植物的泛称。丁香属植物叶对生, 单叶, 全缘, 花两性, 顶生或侧生圆锥花序, 种子有翅。全属约有27种植物, 自然分布于东亚、中亚和欧洲。我国约有22种, 其中特有种18种。我国拥有丁香属81%的野生种类, 是丁香属植物的现代分布中心。丁香属主要分布于亚热带亚高山、暖温带至温带的山坡林缘、林下及寒温带的向阳灌丛<sup>[2]</sup>。

目前, 叶面积测定方法很多, 常用的有求积仪法、透明方格法、称重法、经验公式、数字图像处理法等, 因仪器设备、试

验精确度和时间等方面的限制, 在实际应用中有很大的不便。在测定叶面积的方法中, 回归方程法具有简单易行、快速、不伤叶片等优点, 加之计算工具普及, 越来越被人们重视<sup>[1,3-14]</sup>。近年来, 许多学者通过建立回归方程, 结合测量植物叶长、叶宽来预测植物叶面积, 并用该方法对萝卜<sup>[15]</sup>、新高梨<sup>[16]</sup>、山茱萸<sup>[17]</sup>和葡萄<sup>[18]</sup>等叶面积进行了研究, 取得了较好的应用, 但尚鲜见对丁香叶面积进行回归研究的相关报道。笔者通过对9个丁香品种的叶长、叶宽和叶长宽乘积与叶面积的实际测算, 并进行回归分析, 以期建立可靠的丁香叶面积回归方程<sup>[19-20]</sup>, 为服务生产和科研实践提供科学依据。

**1 材料与方法**

**1.1 丁香属植物叶片的采集** 于8月下旬在乌鲁木齐市植物园采集叶片。选择丁香属品种有北京丁香(*Syringa pekinensis*)、暴马丁香(*Syringa reticulata* (Blume) H.Hara var. *amuraensis* (Rupr.) J.S.Pringle)、布氏丁香(*Syringa hyacinthiflora* 'Pocahontas')、长筒白丁香(*Syringa oblata* Lindl. 'Chang Tong Bai')、波峰丁香(*Syringa oblata* 'Buffon')、罗兰紫丁香(*Syringa oblata* 'Lou Lan Zi')、黄丁香(*Syringa pekinensis* var. *jinyuan*)、晚花紫丁香(*Syringa oblata* 'Wan Hua Zi')、大花重瓣洋丁香(*Syringa vulgaris* cv 'Dahua')9种。

**作者简介** 林宇茜(1995—), 女, 浙江温岭人, 硕士研究生, 研究方向: 风景园林植物应用。\*通信作者, 高级工程师, 博士, 从事风景园林植物应用研究。

**收稿日期** 2022-04-05

**1.2 采样方法** 于 8 月下旬从每个品种中选取具有代表性的 10 株作为采样树,分别从树冠的外围,按东南西北 4 个方向选生长健壮、无病虫害的枝条。在其枝条中部进行采集,每个品种共采集 60 片树叶。为防止树叶脱水,影响测量结果,采摘后立即将树叶放入塑料密封袋中。测量前,将树叶用清水进行处理,待树叶上的水珠挥发完毕后进行测量。

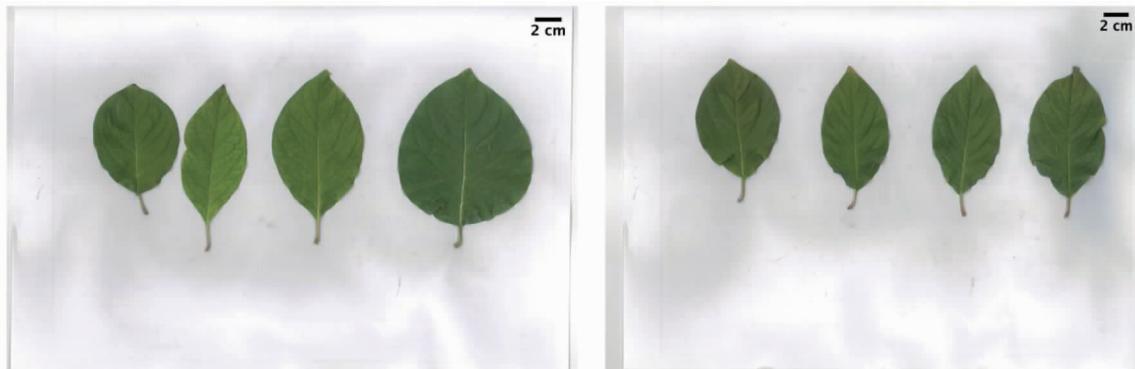


图 1 丁香叶片扫描图像

Fig.1 Scanning image of clove

## 2 结果与分析

**2.1 暴马丁香叶面积与叶形指标的相关性及最优一元回归方程的建立** 分别做叶长( $X_1$ )与叶面积、叶宽( $X_2$ )与叶面积、叶长与叶宽的乘积( $X_3$ )与叶面积的散点分布图(图 2),通过数据分析得出叶面积与叶长( $X_1$ )之间的拟合优度为 0.522,叶面积与叶宽( $X_2$ )之间的拟合优度为 0.788,叶面积与叶长与叶宽的乘积( $X_3$ )的拟合优度为 0.964。从图 2 可以看

**1.3 测量与计算方法** 将每个品种丁香叶平贴于复印纸上并逐一标记,再将叶片用 hp-5500 扫描仪进行扫描;叶片扫描图像的主要参数为 600DPI, JPEG 格式存储(图 1)。然后将扫描存储于计算机的丁香树叶图像用 Image-J 软件测量其长、宽及面积,并逐一按品种和叶片序号做好对应的记录工作。利用 SPSS-26 统计软件对测量的数据进行统计分析。

出,暴马丁香叶片的叶长( $X_1$ )、叶宽( $X_2$ )、叶长与叶宽的乘积( $X_3$ )与叶面积之间均呈直线关系,进一步分析得出叶长与叶宽的乘积( $X_3$ )与叶面积的直线关系最紧密。因此,暴马丁香叶的最优一元线性回归方程为叶长与叶宽乘积( $X_3$ )与叶面积之间的拟合一元回归方程,为  $Y_1 = 0.689X_3 + 1.135$ ,其中  $F$  值为 1 012.421,呈极显著相关。

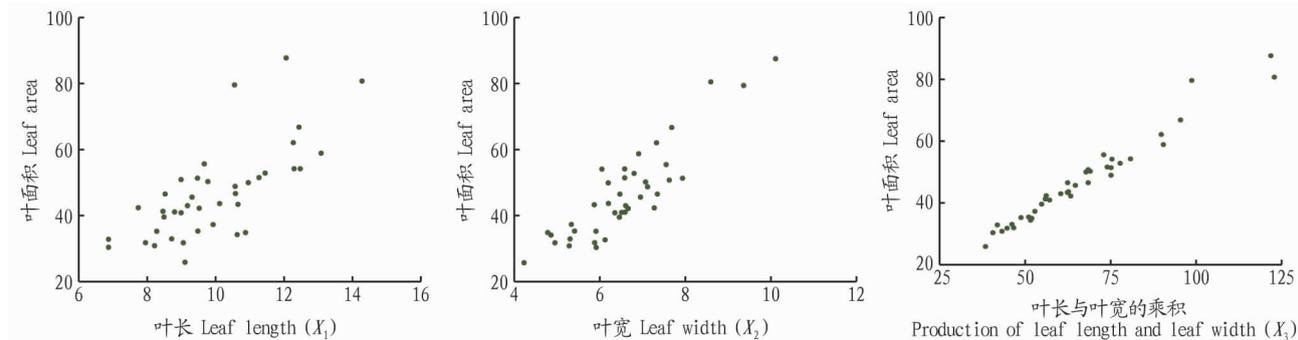


图 2 叶长、叶宽、叶长与叶宽的乘积与叶面积的散点图

Fig.2 Scatterplot of leaf length, leaf width and production of leaf length and leaf width with leaf area

**2.2 多元线性回归方程的建立** 在一元回归分析的基础上进行暴马丁香叶长( $X_1$ )、叶宽( $X_2$ )、叶长与叶宽的乘积( $X_3$ )与叶面积的二元和三元回归方程拟合。各拟合方程的复相关系数均达极显著水平,其中叶长( $X_1$ )和叶宽( $X_2$ )与叶面积的二元复相关系数为 0.988,叶长( $X_1$ )和叶长与叶宽的乘积( $X_3$ )与叶面积的二元复相关系数为 0.989,叶宽( $X_2$ )和叶长与叶宽的乘积( $X_3$ )与叶面积的二元复相关系数为 0.989。这表明二元回归方程  $Y_4 = 2.646X_2 + 0.588X_3 - 7.555$  估算其叶面积效果较好。

由拟合结果可知,叶长( $X_1$ )、叶宽( $X_2$ )、叶长与叶宽的乘积( $X_3$ )与叶面积的三元回归的复相关系数为 0.990,三元线性拟合回归方程为  $Y_5 = 0.745X_1 + 3.754X_2 + 0.451X_3 - 15.227$

(表 1)。

**2.3 回归方程法估算暴马丁香叶面积的误差检验及拟合优度** 将采集、测量记录暴马丁香 40 片叶片的数值带入上述建立的方程  $Y_4$  和  $Y_5$ ,分别计算出叶面积,并与用 image-J 软件测量的实际叶面积进行比较,并进行误差检验,计算差异百分率(表 2)。通过拟合优度进行分析,在 3 个二元线性回归方程中,叶宽( $X_2$ )和叶长与叶宽的乘积( $X_3$ )与叶面积的回归方程的拟合优度较高,拟合优度值为 0.979,三元线性回归方程的拟合优度为 0.979(表 1)。通过平均差异百分率比较得出,三元线性回归方程的平均差异百分率小于二元线性回归方程的平均差异百分率。由此得出,三元线性回归方程具有较好的估算叶面积的作用。

表 1 暴马丁香多元回归方程及分析

Table 1 Multiple regression equation and analysis of *Syringa reticulata*

| 相关因子<br>Correlation<br>factor | 复相关系数<br>Complex<br>correlation<br>coefficient | 平均差<br>异百分率<br>Average<br>percentage<br>difference//% | 回归方程<br>Regression<br>equation                  | F 值<br>F value | 拟合优度<br>Goodness<br>of fit |
|-------------------------------|------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|----------------|----------------------------|
| $X_1, X_2$                    | 0.988                                          | 0.623                                                 | $Y_2 = 3.824X_1 + 8.508X_2 - 47.267$            | 748.762**      | 0.976                      |
| $X_1, X_3$                    | 0.989                                          | 0.219                                                 | $Y_3 = -1.609X_1 + 0.800X_3 + 9.846$            | 793.252**      | 0.977                      |
| $X_2, X_3$                    | 0.989                                          | 0.131                                                 | $Y_4 = 2.646X_2 + 0.558X_3 - 7.555$             | 865.728**      | 0.979                      |
| $X_1, X_2, X_3$               | 0.990                                          | 0.010                                                 | $Y_5 = 0.745X_1 + 3.754X_2 + 0.451X_3 - 15.227$ | 566.878**      | 0.979                      |

注: \*\* 表示相关性检验为极显著 ( $P < 0.01$ )。

Note: \*\* means the correlation test is extremely significant ( $P < 0.01$ ).

表 2 暴马丁香叶面积估值与实测值比较

Table 2 The comparison of estimated value and actual measured value of *Syringa reticulata*

| 序号<br>No. | 实际测量值<br>Actual<br>measured<br>value | 一元线性回归<br>Univariate linear regression |                                   | 二元线性回归<br>Binary linear regression |                                   | 三元线性回归<br>Ternary linear regression |                                   |
|-----------|--------------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|
|           |                                      | 计算值<br>Calculated<br>value             | 差异百分率<br>Percent<br>difference//% | 计算值<br>Calculated<br>value         | 差异百分率<br>Percent<br>difference//% | 计算值<br>Calculated<br>value          | 差异百分率<br>Percent<br>difference//% |
| 1         | 30.880                               | 31.020 92                              | 0.456 331 5                       | 2.672 515 5                        | 91.345 48                         | 30.282 05                           | 1.936 377 64                      |
| 2         | 50.230                               | 48.680 52                              | 3.084 775 9                       | 12.254 022 2                       | 75.604 18                         | 49.696 39                           | 1.062 331 76                      |
| 3         | 43.358                               | 44.147 99                              | 1.822 019 5                       | 11.763 760 4                       | 72.868 30                         | 42.872 82                           | 1.119 011 61                      |
| 4         | 45.615                               | 45.641 26                              | 0.057 572 3                       | 10.112 788 3                       | 77.830 13                         | 46.906 32                           | 2.830 912 41                      |
| 5         | 55.568                               | 51.368 97                              | 7.556 568 3                       | 13.171 818 8                       | 76.296 04                         | 53.169 32                           | 4.316 652 00                      |
| 6         | 41.209                               | 39.543 17                              | 4.042 383 7                       | 6.113 464 0                        | 85.164 74                         | 40.954 72                           | 0.617 039 21                      |
| 7         | 41.007                               | 40.562 67                              | 1.083 546 3                       | 7.164 032 6                        | 82.529 73                         | 41.554 78                           | 1.335 815 19                      |
| 8         | 48.811                               | 52.861 47                              | 8.298 263 8                       | 15.528 912 4                       | 68.185 63                         | 53.183 81                           | 8.958 656 65                      |
| 9         | 31.793                               | 31.986 84                              | 0.609 679 2                       | 4.333 256 6                        | 86.370 41                         | 30.289 31                           | 4.729 617 53                      |
| 10        | 42.983                               | 42.791 42                              | 0.445 714 8                       | 8.741 471 6                        | 79.662 96                         | 43.616 62                           | 1.474 112 07                      |
| 11        | 35.364                               | 36.410 99                              | 2.960 616 7                       | 6.717 608 0                        | 81.004 39                         | 35.206 15                           | 0.446 348 18                      |
| 12        | 37.322                               | 37.596 44                              | 0.735 325 9                       | 7.862 884 3                        | 78.932 31                         | 36.052 35                           | 3.401 886 53                      |
| 13        | 43.648                               | 44.339 99                              | 1.585 376 6                       | 11.030 194 4                       | 74.729 21                         | 43.863 50                           | 0.493 715 18                      |
| 14        | 39.592                               | 38.912 02                              | 1.717 461 8                       | 5.959 523 7                        | 84.947 66                         | 40.060 88                           | 1.184 267 71                      |
| 15        | 34.895                               | 36.966 83                              | 5.937 326 7                       | 8.808 283 9                        | 74.757 75                         | 34.283 27                           | 1.753 047 40                      |
| 16        | 52.794                               | 54.709 80                              | 3.628 822 2                       | 17.856 666 1                       | 66.176 71                         | 53.872 76                           | 2.043 332 25                      |
| 17        | 87.569                               | 84.945 54                              | 2.995 882 1                       | 33.611 862 5                       | 61.616 71                         | 86.504 63                           | 1.215 460 91                      |
| 18        | 66.686                               | 66.875 08                              | 0.283 533 6                       | 25.383 117 3                       | 61.936 36                         | 65.873 12                           | 1.218 965 74                      |
| 19        | 51.346                               | 52.853 99                              | 2.936 913 9                       | 13.350 490 4                       | 73.998 97                         | 55.445 17                           | 7.983 434 33                      |
| 20        | 54.066                               | 53.064 02                              | 1.853 252 5                       | 18.508 299 4                       | 65.767 21                         | 50.743 60                           | 6.145 080 68                      |
| 21        | 58.783                               | 63.353 67                              | 7.775 492 5                       | 24.560 717 6                       | 58.217 99                         | 61.166 33                           | 4.054 458 02                      |
| 22        | 49.970                               | 47.880 72                              | 4.181 073 4                       | 13.918 893 2                       | 72.145 50                         | 46.792 57                           | 6.358 668 11                      |
| 23        | 46.545                               | 48.250 65                              | 3.664 518 2                       | 13.498 778 0                       | 70.998 44                         | 47.760 79                           | 2.612 071 88                      |
| 24        | 25.847                               | 27.650 41                              | 6.977 239 5                       | 2.729 082 2                        | 89.441 40                         | 24.784 40                           | 4.111 096 45                      |
| 25        | 34.223                               | 36.741 28                              | 7.358 438 5                       | 8.416 582 5                        | 75.406 65                         | 34.250 42                           | 0.080 122 43                      |
| 26        | 79.475                               | 69.086 80                              | 3.071 030 9                       | 22.736 980 4                       | 71.391 03                         | 72.210 49                           | 9.140 618 06                      |
| 27        | 50.799                               | 48.294 54                              | 4.930 129 7                       | 10.483 488 0                       | 79.362 81                         | 50.931 10                           | 0.260 039 10                      |
| 28        | 31.846                               | 33.315 61                              | 4.614 727 9                       | 2.961 837 5                        | 90.699 50                         | 33.815 02                           | 6.182 938 99                      |
| 29        | 42.396                               | 39.842 54                              | 6.022 876 8                       | 4.575 154 2                        | 89.208 52                         | 43.137 74                           | 1.749 560 23                      |
| 30        | 42.251                               | 44.781 78                              | 5.989 870 7                       | 10.178 768 7                       | 75.908 81                         | 45.422 75                           | 7.506 926 25                      |
| 31        | 46.543                               | 44.211 93                              | 5.008 425 9                       | 7.912 691 1                        | 82.999 18                         | 46.867 21                           | 0.696 571 75                      |
| 32        | 33.044                               | 32.931 65                              | 0.339 986 7                       | 4.174 983 0                        | 87.365 38                         | 31.966 85                           | 3.259 756 87                      |
| 33        | 35.269                               | 34.836 42                              | 1.226 519 8                       | 4.098 241 0                        | 88.380 05                         | 35.187 77                           | 0.230 319 05                      |
| 34        | 40.877                               | 40.417 32                              | 1.124 542 4                       | 7.472 324 6                        | 81.719 98                         | 40.996 79                           | 0.293 055 09                      |
| 35        | 32.778                               | 30.054 65                              | 8.308 484 2                       | -0.314 155 1                       | 100.958 43                        | 31.772 38                           | 3.067 986 58                      |
| 36        | 30.329                               | 29.110 23                              | 4.018 490 4                       | -0.539 222 3                       | 101.777 91                        | 30.392 10                           | 0.208 045 79                      |
| 37        | 80.568                               | 85.594 22                              | 6.238 481 6                       | 38.127 379 7                       | 52.676 77                         | 82.925 84                           | 2.926 517 01                      |
| 38        | 51.437                               | 52.133 78                              | 1.354 633 9                       | 16.355 194 6                       | 68.203 44                         | 51.219 85                           | 0.422 158 36                      |
| 39        | 54.130                               | 56.815 97                              | 4.962 075 4                       | 20.144 509 6                       | 62.784 94                         | 55.057 28                           | 1.713 055 76                      |
| 40        | 62.079                               | 62.939 17                              | 1.385 600 2                       | 23.148 104 0                       | 62.711 86                         | 61.819 44                           | 0.418 113 44                      |

注: 差异百分率 = |(估测值-实测值)| / 实测值 × 100%。

Note: Percentage difference = | (estimated value - measured value) | / measured value × 100%.

2.4 暴马丁香幂函数方程的建立及分析 建立叶长( $X_1$ )、叶宽( $X_2$ )、叶长与叶宽的乘积( $X_3$ )与叶面积的幂函数方程。

通过 SPSS 分析得出,叶长( $X_1$ )与叶面积的复相关性系数为 0.720,叶宽( $X_2$ )与叶面积的复相关性系数为 0.877,叶长与叶

宽的乘积( $X_3$ )与叶面积的复相关性系数为 0.985,说明叶长与叶宽的乘积( $X_3$ )与叶面积的相关程度最高;通过拟合优度

比较可知,叶长与叶宽乘积( $X_3$ )与叶面积的幂函数方程的拟合程度最好(表 3、图 3)。

表 3 暴马丁香叶幂函数方程

Table 3 Power function equation of clove leaves of *Syringa reticulata*

| 相关因子<br>Correlation factor | 幂函数方程<br>Power function equation | F 值<br>F value | 复相关性系数<br>Complex correlation coefficient | $R^2$ | 平均差异百分率<br>Mean percent difference//% |
|----------------------------|----------------------------------|----------------|-------------------------------------------|-------|---------------------------------------|
| $X_1$                      | $Y=2.986X_1^{1.186}$             | 40.820 **      | 0.720                                     | 0.518 | 1.797                                 |
| $X_2$                      | $Y=3.427X_2^{1.378}$             | 126.205 **     | 0.877                                     | 0.769 | 0.983                                 |
| $X_3$                      | $Y=0.784X_3^{0.975}$             | 1 216.315 **   | 0.985                                     | 0.970 | 0.100                                 |

注:差异百分率=|(估测值-实测值)|/实测值×100%。

Note:Percentage difference=|(estimated value - measured value) / measured value × 100%.

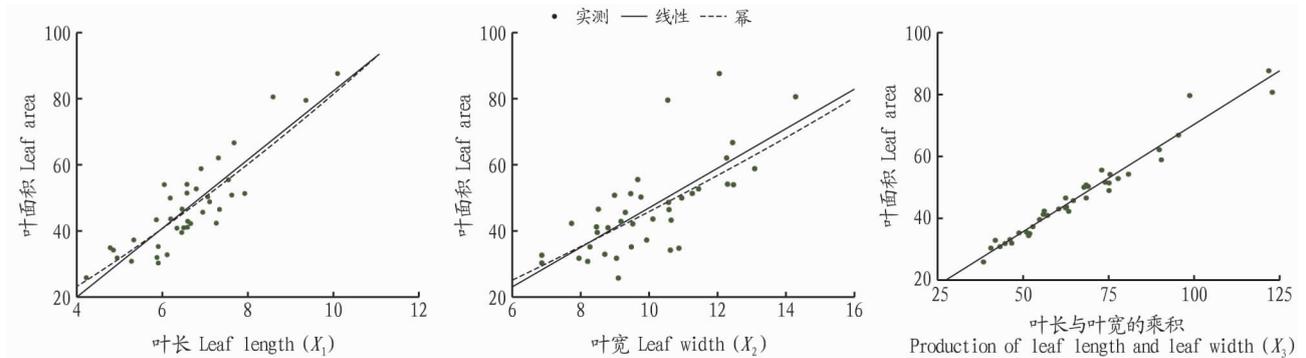


图 3 叶长、叶宽、叶长与叶宽的乘积与叶面积的幂函数相关性

Fig.3 Correlation function correlation between leaf length, leaf width, product of leaf length and leaf width and leaf area

2.5 9 个丁香品种叶面积三元线性回归方程及幂函数方程的建立及分析 将采集、测量记录的各品种 40 片叶片的数值带入上述建立的方程,分别计算叶面积,并分别计算与实际叶面积值的差数,进而计算差异百分率,结果见表 4。

由表 4 可知:①暴马丁香的三元拟合方程和幂函数方程的平均差异百分率分别为 0.010%和 0.100%,拟合优度分别为 0.979 和 0.970;②北京丁香的三元拟合方程和幂函数方程的差异百分率分别为 0.042%和 0.074%,拟合优度分别为 0.976和 0.943;③波峰丁香的三元拟合方程和幂函数方程的差异百分率分别为 0.059%和 0.296%,拟合优度分别为 0.978 和 0.975;④罗兰紫丁香的三元拟合方程和幂函数方程的差异百分率为 0.015%和 0.079%,拟合优度分别为 0.995 和 0.993;⑤黄丁香的三元拟合方程和幂函数方程的差异百分率为 0.049%和 0.582%,拟合优度分别为 0.988 和 0.977;⑥晚花紫丁香的三元拟合方程和幂函数方程的差异百分率为 0.115%和 0.046%,拟合优度分别为 0.988 和 0.980;⑦大花重瓣洋丁香的三元拟合方程和幂函数方程的差异百分率为 0.560%和 0.831%,拟合优度分别为 0.817 和 0.789;⑧布氏丁香的三元拟合方程和幂函数方程的差异百分率为 0.114%和 0.832%,拟合优度分别为 0.988 和 0.984;⑨长筒白丁香的三元拟合方程和幂函数方程的差异百分率为 0.072%和 0.118%,拟合优度分别为 0.953 和 0.942。

结果表明,9 个丁香品种的三元线性回归方程和幂函数方程都有很好的拟合效果,其中三元线性回归方程的拟合优

度以罗兰紫丁香最好,其拟合优度为 0.995;其次是黄丁香、晚花紫丁香和布氏丁香,拟合优度为 0.988;再次为暴马丁香,拟合优度为 0.979,大花重瓣洋丁香拟合优度最小,仅 0.817。在幂函数的拟合优度中,罗兰紫丁香的拟合优度最高,为 0.993;其次依次为布氏丁香、晚花紫丁香、黄丁香、波峰丁香、暴马丁香、北京丁香和长筒白底丁香,拟合优度分别为 0.984、0.980、0.977、0.975、0.970、0.943、0.942,大花重瓣洋丁香最小,仅 0.789。

### 3 9 个丁香品种总叶面积方程的建立与检验

对 9 个丁香品种的 360 片树叶进行总叶面积回归方程的建立及分析,并分别对 9 个丁香品种叶片进行复采,每个品种采集任意 2 片叶片共采集 18 片叶片进行回归方程的准确性检验,得出以下结论:9 个不同丁香品种的总三元线性回归方程为  $Y=2.328X_1+5.578X_2+0.170X_3-26.935$ ,总幂函数方程为  $Y=0.746X^{0.975}$ (表 5)。通过另外采集的 18 片叶片进行检验,得出总三元线性拟合方程的平均差异百分率为 3.370%,拟合优度为 0.951;总幂函数的差异百分率为 0.200%,拟合优度为 0.971。通过比较可以发现,总三元线性回归方程和幂函数回归方程对估算 9 个丁香品种叶面积精确度均较高,其中幂函数的差异百分率(0.200%)小于三元线性回归方程的差异百分率(3.370%),幂函数估测值与实测值的相关系数(0.986)高于三元线性回归方程(0.975)(表 6)。因此,总幂函数方程  $Y=0.746X^{0.975}$  更适合用于估算 9 个丁香品种叶面积。

表4 9个丁香品种三元线性回归方程及幂函数实测值与计算值的差异百分率及拟合优度

Table 4 Difference percentage and goodness of fit of measured and calculated values of nine clove ternary linear regression equations and power functions

| 序号<br>No. | 品种<br>Varieties | 回归形式<br>Regression form | 回归方程式<br>Regression equation           | 平均差异<br>性百分率<br>Mean percent<br>difference//% | 相关系数<br>Correlation<br>coefficient (r) | 拟合优度<br>Goodness<br>of fit |
|-----------|-----------------|-------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------|
| 1         | 暴马丁香            | 三元线性回归                  | $Y=0.745X_1+3.754X_2+0.451X_3-15.227$  | 0.010                                         | 0.990                                  | 0.979                      |
|           |                 | 幂函数                     | $Y=0.784\times X^{0.975}$              | 0.100                                         | 0.985                                  | 0.970                      |
| 2         | 北京丁香            | 三元线性回归                  | $Y=0.414X_1+2.835X_2+0.330X_3-5.141$   | 0.042                                         | 0.988                                  | 0.976                      |
|           |                 | 幂函数                     | $Y=0.965\times X^{0.887}$              | 0.074                                         | 0.971                                  | 0.943                      |
| 3         | 波峰丁香            | 三元线性回归                  | $Y=-1.702X_1-1.095X_2+0.861X_3+10.727$ | 0.059                                         | 0.989                                  | 0.978                      |
|           |                 | 幂函数                     | $Y=0.696\times X^{0.990}$              | 0.296                                         | 0.987                                  | 0.975                      |
| 4         | 罗兰紫丁香           | 三元线性回归                  | $Y=-4.230X_1-1.586X_2+1.008X_3+26.824$ | 0.015                                         | 0.998                                  | 0.995                      |
|           |                 | 幂函数                     | $Y=0.570\times X^{1.045}$              | 0.079                                         | 0.997                                  | 0.993                      |
| 5         | 黄丁香             | 三元线性回归                  | $Y=-0.928X_1+2.827X_2+0.556X_3-1.905$  | 0.049                                         | 0.994                                  | 0.988                      |
|           |                 | 幂函数                     | $Y=0.839\times X^{0.955}$              | 0.582                                         | 0.989                                  | 0.977                      |
| 6         | 晚花紫丁香           | 三元线性回归                  | $Y=-2.119X_1+1.581X_2+0.682X_3+7.689$  | 0.115                                         | 0.994                                  | 0.988                      |
|           |                 | 幂函数                     | $Y=0.573\times X^{1.033}$              | 0.046                                         | 0.990                                  | 0.980                      |
| 7         | 大花重瓣洋丁香         | 三元线性回归                  | $Y=9.182X_1+4.514X_2-0.246X_3-56.416$  | 0.560                                         | 0.904                                  | 0.817                      |
|           |                 | 幂函数                     | $Y=2.997\times X^{0.654}$              | 0.831                                         | 0.888                                  | 0.789                      |
| 8         | 布氏丁香            | 三元线性回归                  | $Y=0.039X_1+2.356X_2+0.578X_3-10.169$  | 0.114                                         | 0.994                                  | 0.988                      |
|           |                 | 幂函数                     | $Y=0.598\times X^{1.032}$              | 0.832                                         | 0.992                                  | 0.984                      |
| 9         | 长筒白丁香           | 三元线性回归                  | $Y=-0.583X_1+2.282X_2+0.485X_3+1.197$  | 0.072                                         | 0.976                                  | 0.953                      |
|           |                 | 幂函数                     | $Y=1.121\times X^{0.882}$              | 0.118                                         | 0.971                                  | 0.942                      |

表5 9个丁香品种总三元线性回归方程和总幂函数方程

Table 5 Total ternary linear regression equation and total power function equation of 9 different varieties of clove

| 回归形式<br>Regression form                | 总回归方程式<br>Regression form             | $R^2$ | F 值<br>F value |
|----------------------------------------|---------------------------------------|-------|----------------|
| 三元线性回归<br>Ternary linear<br>regression | $Y=2.328X_1+5.578X_2+0.170X_3-26.935$ | 0.951 | 2 286.733 **   |
| 幂函数<br>Power function                  | $Y=0.746X^{0.975}$                    | 0.971 | 12 166.214 **  |

注: \*\* 表示相关性检验为极显著 ( $P<0.01$ )。Note: \*\* means the correlation test is extremely significant ( $P<0.01$ ).

表6 9个丁香品种总三元线性回归方程和总幂函数方程的平均差异性分析

Table 6 Average difference analysis of total ternary linear regression equation and total power function equation of 9 different varieties of clove

| 回归形式<br>Regression form             | 估测值<br>Estimated value | 实测值<br>Measured value | 平均差异百分率<br>Mean percent difference % | 估测值与实际值的相关系数<br>Correlation coefficient between estimated value and actual value (r) |
|-------------------------------------|------------------------|-----------------------|--------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| 三元线性回归<br>Ternary linear regression | 44.697                 | 43.240                | 3.370                                | 0.975                                                                                |
| 幂函数<br>Power function               | 43.153                 |                       | 0.200                                | 0.986                                                                                |

#### 4 结论

通过拟合分析结果可以看出,9个丁香品种叶片的叶面积与叶长和叶宽的乘积呈极显著相关关系。因此,基于叶面积与叶长与叶宽的乘积分别建立9个丁香品种的二元线性回归方程、三元线性回归方程和幂函数方程,通过差异百分

率、拟合优度和估算值与实际值相关系数进行综合比较分析,得出三元线性回归方程和幂函数方程对9个不同品种丁香的叶面积估算值准确度都很高。

通过叶面积与叶长与叶宽乘积的总回归方程的建立及分析,结果表明,总三元线性回归方程和总幂函数方程都能很好地估算9个不同品种丁香的叶面积。其中,总幂函数方程估算叶面积的准确性更高,比较而言更适合用于估算丁香叶面积。因此,适合这9个不同品种丁香的叶面积估算方程为  $Y=0.746X^{0.975}$ 。

叶面积测定方法有很多,常用的有求积仪法、透明方格法、称重法、经验公式、数字图像处理法等,因仪器设备、试验精确度和时间等方面的限制,在实际应用中有很大的不便。通过与其他测量叶面积的方法相比较,回归方程法有对植物减少破坏,简单、省时、方便、快速、准确性高等特点。该研究基于9种不同品种丁香建立叶面积回归方程,针对其他品种丁香叶面积仍需要验证。通过建立的叶面积,在实际应用中,可以减少对树木叶片的采摘,并在不破坏树叶完整性的前提下,通过测量叶片的长与宽更加准确地计算出叶面积,并为后续其他试验提供准确的数据支撑。

#### 参考文献

- [1] 李新国,蔡胜忠,李绍鹏,等.应用数字图像技术测定油梨叶面积[J].热带农业科学,2009,29(2):10-13.
- [2] 李华.包头地区丁香属植物分类及生物学特性研究[D].杨凌:西北农林科技大学,2008.
- [3] 陈斌,卢博友.基于单片机的光电式叶片面积测量系统[J].农机化研究,2010,32(4):164-166.
- [4] HIRAI G I, TAKAHASHI M. An attention in leaf area measurement of rice plant by using automatic area meter[J]. Japanese journal of crop science, 1984, 53(3): 328-329.
- [5] 吴千华,孟祥丽,刘一鸣.植物叶面积测定方法探讨[J].热带林业,2018, 46(2): 37-39.

(下转第125页)

树种,不断丰富蒙山森林资源,逐步打造混交、异龄、复层、多彩、健康的蒙山森林生态体系。加强蒙山森林防火能力建设,依托“大数据”“一张图”,通过“空天地”一体化监测和“人防+技防+物防”全方位保障,不断提升森林火灾预防、扑救综合能力。

做好林业有害生物防控,加强春秋季节精细化普查和日常巡查,早发现、早报告、早处置;加强对重点区域进山口检疫检查站建设管理,配备智能设备,培训检查人员,严禁无证松科植物、松木及其制品进山;加强抗病虫害能力强的适宜树种补植,营造混交林,降低后续森林病虫害发生风险;开展外来入侵物种普查,完善外来物种入侵防范体系。构建生态廊道,保证物种正常迁徙;减少高落差的泊岸,多保持自然生态,保证陆生动物的饮水以及部分水陆两栖动物的活动场地;加强行车禁鸣管理,在重点区段设立隔音屏障;保护原生态暗夜环境,降低重点保护区灯光强度,禁止高空射灯,减少对动物栖息的影响。

**3.5 严格生物多样性保护执法检查监督检查** 建立蒙山重要保护物种栖息地生态保护定期巡查机制,严控林地流失,将危害蒙山重点保护野生动植物及其栖息地行为纳入生态环境保护执法检查监督检查专项行动。健全联合执法机制,整合涉蒙山执法力量,开展联合执法行动,严厉打击偷猎偷捕、盗采盗伐、破坏生态环境等违法犯罪行为。建立行刑衔接机制,强化与蒙山公安机关沟通协作,加大对生态环境和资源保护等领域执法检查力度和违法犯罪案件办理力度,实现联防联控。

**3.6 加强生物多样性保护宣传教育工作** 完善参与式的保护教育机制,联动智慧监测和科普展示,将生物多样性保护融入环境科普教育和科研监测系统,多渠道、多形式广泛开展宣传活动,扩大宣传的覆盖面,引导公众自觉参与生物多样性保护。组织开展生物多样性保护的研学活动,邀请临沂市、山东省甚至全国的学生前来,也可去学校进行生物多样性的讲课,让生物多样性保护意识深入人心;对于游客,可以通过广播、电视、宣传车、宣传栏、标志牌等方式提醒大家要

保护生物多样性,也可充分利用现有的沂蒙山世界地质公园博物馆、云蒙陈列馆等,让人们参观的同时了解和掌握更多的森林、生态学等相关的生物多样性知识;针对当地居民,可以通过开展《临沂市蒙山保护条例》《蒙山保护总体规划》等知识讲座,使他们了解保护珍稀濒危野生动植物的重要性,明确管控要求,知道违法的严重后果,自觉遵纪守法;另外,还可以通过举办鸟类观察摄影赛、大型真菌摄影赛等,把公众对生物多样性保护的热情转化到具体行动中。

## 参考文献

- [1] 赵遵田,王锡华,李京东,等.山东省蒙山种子植物区系研究[J].山东科学,2005,18(4):42-47,51.
- [2] 陈汉斌,郑亦津,李法曾.山东植物志·上卷[M].青岛:青岛出版社,1990:1-4.
- [3] 赵遵田,任昭杰.蒙山苔藓志[M].北京:科学出版社,2020:1-3.
- [4] 任昭杰,赵遵田.山东苔藓志[M].青岛:青岛出版社,2016:1-4.
- [5] 臧得奎,赵兰勇.山东省蕨类植物的区系分析[J].武汉植物学研究,1995,13(3):219-224.
- [6] 林育真,许士国,宋开成,等.山东省陆栖兽类多样性评价及保护建议[J].山东林业科技,1997,27(4):30-33.
- [7] 张阿凤.“世界野生动植物日”山东主题宣传活动在东营举行[EB/OL].(2022-03-03)[2022-03-04].https://baijiahao.baidu.com/s?id=172627790610774108&wfr=spider&for=pc.
- [8] 陆宇燕,王晓安,李丕鹏.山东省两栖爬行动物多样性[J].四川动物,1999,18(3):128-129.
- [9] 陈文华,谭会颖,苏阳,等.山东省天蒙山自然保护区大型真菌资源初步调查研究[J].中国食用菌,2019,38(5):6-12.
- [10] 苏阳,陈文华,刘谦,等.山东省大型真菌资源概况及其综合利用[J].山东中医药大学学报,2020,44(3):316-319.
- [11] 刘丹,臧得奎.山东省珍稀濒危保护树种的自然分布及特点[J].林业资源管理,2018(1):155-158.
- [12] 《山东木本植物名录》编委会.山东木本植物名录[M].济南:山东科学技术出版社,2017:99-103.
- [13] 仝伯强,王磊,臧得奎,等.山东省特有树种资源调查[J].安徽农业科学,2019,47(16):130-132.
- [14] 臧得奎,樊金会,赵兰勇,等.山东省特有植物的研究[J].植物研究,1994,14(1):48-58.
- [15] 刘国林,胡志英,李长富.一大学生写生引燃蒙山大火 被判刑三年缓刑五年[EB/OL].(2005-08-28)[2022-03-05].https://news.sina.com.cn/c/2005-08-28/09176799892s.shtml.
- [16] 徐瀚云.酿森林火灾两肇事者获刑[N/OL].齐鲁晚报,2014-01-23[2022-03-05].https://epaper.qlwb.com.cn/qlwb/content/20140123/Article1A10006FM.htm.

(上接第 122 页)

- [6] 柏军华,王克如,初振东,等.叶面积测定方法的比较研究[J].石河子大学学报(自然科学版),2005,23(2):216-218.
- [7] 李明,王季槐,沈海亮,等.甘草叶面积的估测方法[J].贵州科学,2009,27(3):10-19.
- [8] KUMAR R. Calibration and validation of regression model for non-destructive leaf area estimation of saffron (*Crocus sativus* L.) [J]. Scientia horticulturae, 2009, 122(1): 142-145.
- [9] CHATTOPADHYAY S, TIKADER A, DAS N K. Nondestructive, simple, and accurate model for estimation of the individual leaf area of som (*Persea bombycina*) [J]. Photosynthetica, 2011, 49(4): 627-632.
- [10] 高祥斌,张秀省,蔡连捷.观赏植物叶面积测定及相关分析[J].福建林业科技,2009,36(2):231-234,251.
- [11] 曾燕蓉,朱方容,林强,等.两种桑科植物叶面积与叶鲜重的估测方法研究[J].广西蚕业,2016,53(3):8-11.
- [12] 李先明,秦仲麒,涂俊凡,等.7个早熟梨品种叶面积回归方程的建立[J].江西农业学报,2011,23(5):36-39.
- [13] 李碧迦,翁殊斐,冯嘉仪,等.龙船花两变种叶面积回归方程的建立[J].亚热带植物科学,2015,44(3):218-222.
- [14] 王勇,杜晓军,招礼军,等.五种火棘属植物的叶面积回归分析[J].广西植物,2013,33(6):756-762,869.
- [15] 应冬勤.萝卜叶面积测定方法及去叶处理对生长及产量的影响[D].杭州:浙江大学,2005.
- [16] 张传来,尤扬,贾文庆,等.新高梨叶面积测量相关性分析及回归方程的建立[J].贵州农业科学,2009,37(12):171-174.
- [17] 张建新.山茱萸科植物叶面积测定方法的比较[J].湖北民族学院学报(自然科学版),2009,27(2):137-140.
- [18] 邵则夏,陆斌.回归相关分析在葡萄植株叶面积测定上的应用[J].云南林业科技,1994,23(3):63-65,49.
- [19] 宿庆连.回归方程法测定红掌叶面积研究[J].广东农业科学,2009,36(1):57-59.
- [20] 潘介春,黄幸,邓英毅,等.回归方程法测定两个龙眼品种叶面积研究[J].亚热带植物科学,2019,48(2):155-160.